

## CAPÍTULO 2

# METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE INNOVACIONES EN CURSOS DE MATEMÁTICA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.579112528022>

*Data de aceite: 16/04/2025*

**Ciro González**

Universidad Católica de Temuco

**Valeria Carrasco**

Universidad Católica de Temuco

**Vicente Sandoval**

Universidad de Temuco

**Héctor Turra**

Universidad de Calgary Canadá

**Carmen Soledad Yáñez Arriagada**

Universidad Católica de Temuco

obtenido en cada caso que los estudiantes perciben de mejor forma la disciplina en todas sus categorías. Mientras que el análisis post-pre test después de aplicar la Prueba de Diagnóstico de Matemáticas UC Temuco (2014), considerando el porcentaje promedio de respuestas correctas por alumno en ambos test se observa que la ganancia de aprendizaje de Hake (1998) es de 0,31, y que está dentro del rango reportado por el mismo autor para asignaturas que consideran estrategias de aprendizaje activa. Los cursos transformados impactan en los aprendizajes de los estudiantes y en las actitudes que manifiestan hacia la disciplina.

**PALABRAS CLAVES:** Evaluación de impacto, innovaciones pedagógicas, enseñanza de las matemáticas.

### INTRODUCCIÓN

Los cambios en los escenarios de la educación terciaria a nivel internacional y nacional han fomentado la implementación de innovaciones pedagógicas en diversas disciplinas. Dichas experiencias han sido un tema relevante en la literatura de los últimos años siendo la educación en STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) un claro foco de análisis.

**RESUMEN:** El presente trabajo da a conocer los avances en la ejecución de un Proyecto Interno de Docencia, referido a evaluar el impacto de innovaciones pedagógicas en las asignaturas transformadas de Álgebra en Contexto, Cálculo I y Cálculo II de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Temuco. Se presenta un análisis preliminar realizado sobre la ganancia obtenida en las actitudes de los estudiantes hacia la matemática y en los conocimientos específicos disciplinarios. Al analizar los resultados post-pre test después de aplicar el inventario de Actitudes hacia la Matemática de Fenemma y Sherman (1976), se observa sólo con el promedio

En este contexto, la Universidad Católica de Temuco ha desarrollado una serie de iniciativas financiadas por fondos externos e internos que han permitido avanzar en la transformación de cursos de la Facultad de Ingeniería para integrar metodologías pedagógicas que centren el proceso educativo en el aprendizaje activo de los estudiantes. Estas transformaciones buscan el rediseño completo de sus cursos; resultados de aprendizaje, metodologías y estrategias utilizadas clase a clase, y los planes de evaluación de cada uno de ellos.

La transformación de cursos, desde una perspectiva pedagógica, es un proceso ideal para pasar de una enseñanza centrada en el profesor a una centrada en el mismo estudiante. Sin embargo, al considerar un cambio total del curso, los resultados que se obtienen no son susceptibles de ser comparados con los resultados obtenidos en años anteriores. Adicionalmente, la transformación de curso, como su nombre lo declara, es a nivel de asignatura/curso y no a nivel de las distintas secciones que puede tener, por lo que la búsqueda/creación de grupos de control para poder implementar metodologías (cuasi) experimentales que permitan evaluar los resultados es también difícil.

En este contexto, la Comunidad de Aprendizaje del Departamento de Ciencias Matemáticas y Físicas de la UC Temuco dentro de sus acciones ha decidido poder indagar en las siguientes interrogantes: ¿cómo se evalúa el impacto de innovaciones pedagógicas en los estudiantes considerando la transformación completa de un curso? ¿Qué aspectos del estudiante son susceptibles de ser impactados? ¿Qué instrumentos se pueden utilizar para medir dichos impactos?

## **DESARROLLO**

### **Marco teórico**

En los últimos 20 años han proliferado las iniciativas que buscan medir el impacto de las prácticas educativas en la educación terciaria (Chalmers, 2010), principalmente debido a la influencia de políticas públicas que buscan asegurar la calidad de las iniciativas financiadas con fondos públicos (Lewis, 2004). La tarea en este sentido se hace compleja ya que aún no existe una posición clara respecto de la definición de calidad educativa en educación superior (Harvey y Mason, 1995) ni de la naturaleza de los impactos de las prácticas educativas (Land, 2004).

A pesar de lo anterior, existe un reconocimiento general de la necesidad de evaluar el impacto de las prácticas que van en pos del desarrollo de la docencia en educación superior (Chalmers, et. al, 2012; Kirkpatrick, 1998; Kreber, et. al., 2001), y existen nociones respecto de las características de la evaluación de impacto. Hoessler, et. al., (2015) han remarcado la diversidad y la flexibilidad de evaluación de impacto debido a que es el resultado de la interacción entre individuos en un ambiente de negociación de significados.

Por su parte, Bamber y Anderson (2012) destacan la necesidad de modelos desde abajo hacia arriba (bottom-up) para promover la calidad desde la misma docencia y no para “asegurarla” desde la gestión central (top-down).

En experiencias de evaluación de impacto se ha identificado diversos agentes en los que se producen cambios y diferentes áreas de impacto. Moya, et. al., (2018), han identificado a los docentes, estudiantes y la organización institucional como los actores relevantes que se ven influenciados por los cambios en las prácticas educativas y, a su vez, existen áreas de cada uno de los actores que son impactadas por ellos:

- Docentes: reacciones y prácticas
- Estudiantes: reacciones y resultados de aprendizaje
- Institución: cambios en la cultura organizacional

Basados en esta experiencia, y debido a la naturaleza del proceso educativo terciario, los esfuerzos para evaluar el impacto en la comunidad de aprendizaje de matemática se han centrado en los estudiantes, ya que este es el propósito último del proceso educativo

## **La experiencia de Álgebra en Contexto y cursos de Cálculo**

Los cursos de Álgebra en Contexto, Cálculo I y Cálculo II han sido parte de un proceso de transformación de curso que busca mejorar el logro de los resultados de aprendizaje de cada uno de ellos. En este contexto, se han implementado metodologías pedagógicas como el aula invertida, aprendizaje basado en proyectos y aprendizaje basado en problemas. Con el propósito de evaluar el impacto de la implementación de estas metodologías se consideraron las áreas de impacto de estudiantes, descritas por Moya, et. al, (2018), que buscan evidenciar cambios en las reacciones (actitudes) y ganancias de aprendizaje (Hake, 1998). Para evidenciar el impacto en estas dos áreas se consideraron cuatro tipos de indicadores siguiendo la lógica de Chalmers y Gardiner (2015): de entrada, de proceso, de salida y resultado. Los indicadores de entrada y salida son indicadores cuantitativos que muestran el impacto normalmente a través del crecimiento de ciertos productos y a través de análisis estadístico. Por su parte, los indicadores de proceso y resultado son cualitativos, y tienen que ver con impactos que muestran las cualidades del proceso y resultados que son consecuencia de la implementación de innovaciones educativas. La matriz de evaluación de impacto en los estudiantes se presenta en la tabla 1.

	Entrada	Proceso	Salida	Resultado
Reacciones	Resultados de encuesta de Opinión del Desempeño Docente antes de la transformación (histórico) Resultados de Inventario de Actitudes hacia la Matemática antes de la transformación (pre test)	Re-diseño de curso	Resultados de encuesta de Opinión del Desempeño Docente después de la transformación Resultados de Inventario de Actitudes hacia la Matemática después de la transformación (post test)	Reporte de análisis de cambios en las reacciones de estudiantes luego de transformación
Resultados de aprendizaje	Tasas de aprobación, reprobación y deserción históricas. Resultados de Inventario de conceptos de matemática (pre test) Resultados de instrumento de Enfoques hacia el Aprendizaje (pre test)	Evidencia de evaluaciones en curso transformado (audio, video o material escrito)	Tasas de aprobación, reprobación y deserción en curso transformado. Resultados de Inventario de conceptos de matemática (post test) Resultados de instrumento de enfoques hacia el aprendizaje (post test)	Reporte de ganancias de aprendizaje Manuscritos de análisis de cambios en resultados de aprendizaje.

Tabla 1. Matriz general de evaluación de impacto en los estudiantes en proceso de transformación de cursos

La matriz presentada muestra algunos de los instrumentos utilizados para evidenciar el impacto sobre el aprendizaje de los estudiantes. En este sentido, por ejemplo, las ganancias de aprendizaje, los cambios en las actitudes hacia las matemáticas y posibles productos asociados a este análisis, constituyen lo que se ha considerado como impacto de los cambios implementados en los cursos.

A modo de ejemplo, el Inventario de Actitudes hacia la Matemática de Fenemma y Sherman (1976) fue aplicado como pre test durante la primera semana de los tres cursos y, luego, como post test durante la última semana. Los resultados de ambas aplicaciones fueron analizados estadísticamente para comprobar si existen diferencias significativas en alguna de las cuatro dimensiones del instrumento: confianza en la disciplina, disciplina como predominantemente masculina, utilidad de los contenidos, y percepción de las actitudes de los docentes.

Otro instrumento utilizado es la Prueba de Diagnóstico de matemáticas UC Temuco (González y Yáñez, 2014). Este instrumento también fue aplicado antes y después de la implementación del curso Álgebra en Contexto y se utilizó la fórmula de ganancias de aprendizaje de Hake (1998) para comparar los resultados. Adicionalmente se aplicaron procedimientos estadísticos para analizar la diferencia de los resultados de ambas pruebas.

Estos ejemplos se presentarán como resultados para ejemplificar la evaluación de impacto de los cambios pedagógicos realizados en los cursos.

## RESULTADOS

### Inventario de Actitudes hacia la matemática

Luego de comprobar la normalidad de los datos, se aplicó el test de Wilcoxon de pruebas no paramétricas a todo el segmento de estudiantes de los tres cursos. Los resultados muestran diferencias significativas entre los resultados pre y post test. La tabla 2 muestra la comparación entre los resultados obtenidos en ambas pruebas en cada una de las dimensiones del instrumento y en el global. Además, se incluye la diferencia entre géneros de los resultados.

	Promedio pre	Promedio post	p-valor
Confianza personal	3.81	4.18	.000
Utilidad de los contenidos	3.78	3.99	.013
Matemáticas como un dominio masculino	3.65	4.43	.000
Actitudes de los profesores	3.46	3.74	.003
Global	3.68	4.09	.000
Global femenino	3.56	4.06	.002
Global masculino	3.71	4.06	.000
Global Álgebra en contexto	3.62	3.74	.328
Global Cálculo I	3.51	4.11	.001
Global Cálculo II	3.77	4.22	.000

Tabla 2. Comparación de resultados post-pre test del Inventario de Actitudes hacia la matemática

Como se aprecia en la tabla, en todos los segmentos y cursos, la diferencia encontrada post-pre test es positiva, es decir, los estudiantes perciben de mejor forma la disciplina en todas sus categorías. La categoría “Matemáticas como un dominio masculino” presenta el mayor cambio en cuanto a su percepción en el grupo total de estudiantes (+0,78 puntos en promedio). Esto quiere decir que ellos cambiaron positivamente su percepción respecto del estereotipo masculino de la disciplina.

Al segmentar la base de datos por género se detectaron diferencias positivas significativas en ambos grupos. En el caso del género masculino las diferencias significativas se dieron en un 77,27% de los casos. En ambos géneros, el mayor número de afirmaciones con diferencias significativas se encuentran en la categoría “Matemáticas como un dominio masculino”. El único grupo que no presenta cambios significativos positivos al hacer la comparación post-pre test corresponde al curso de Álgebra en Contexto.

## Prueba de matemática

Como ejemplo, en el curso de Álgebra en contexto, se aplicó la prueba de matemática como pre y post test. Luego de comprobar la normalidad de los datos, se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras no paramétricas para comparar los resultados pre-post. Adicionalmente se calcularon las medias para todo el grupo de estudiante y por segmento de género. La tabla 3 muestra estos resultados:

Segmento	Media Pre	Media Post	p-valor
Global	21,03	28,59	,000
Femenino	21,21	28,23	,000
Masculino	20,95	28,77	,000

Tabla 3. Resultados pre post test prueba de matemática

Como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas, tanto en el grupo completo, como en los segmentos Femenino y Masculino (p-valor ,000). Esta diferencia es positiva, ya que los estudiantes obtuvieron un promedio de +7,56 más respuestas correctas en el post test.

Para calcular la ganancia de aprendizaje de Hake (1998), se calculó el porcentaje de respuestas correctas en el pre-test (47,5%) y en el post test (63,51%). La formula indica que la ganancia de aprendizaje promedio del curso corresponde a 0,31. Estas ganancias se encuentran dentro del rango reportado por Hake (1998), en cuyo estudio los cursos predominantemente enseñados con estrategias de aprendizaje activo obtienen ganancias de entre 0.16 y 0.65, mientras que los cursos tradicionales obtienen ganancias de entre 0.9 y 0.26.

## CONCLUSIONES

La evaluación de impacto de cambios pedagógicos en cursos de ingeniería debe ser flexible para reportar diversos datos de acuerdo a las necesidades de los docentes como de la institución. En este sentido, las ganancias de aprendizaje y las actitudes hacia la disciplina son dos aspectos de gran utilidad para la toma de decisiones pedagógicas que permita el logro de aprendizajes profundos en los estudiantes.

Es posible apreciar que los estudiantes que toman estos cursos transformados que fomentan aprendizajes activos ganan aprendizajes de forma significativa (47,50% de respuestas correctas en pre-test vs. 63,51% en el post-test), lo que confirma los resultados obtenidos en la literatura asociada a ganancias de aprendizaje (Hake, 1998). Estas ganancias no presentan diferencias significativas al segmentar la base datos por género.

En cuanto a las actitudes hacia las matemáticas, también se aprecia un cambio positivo en los resultados de todas las categorías del post test siendo “Matemáticas como dominio masculino” la categoría que presenta el cambio más notorio (+0,78 pts promedio). Estos resultados son similares a los presentados por Hodges y Kim (2013), Kay & Kletskin (2012) y Julian (2017), quienes reportan mejores actitudes hacia las disciplinas STEM (Ciencias, Tecnologías, Ingeniería y matemática) luego de la implementación de estrategias de aprendizaje activo, tales como el de Aprendizaje Basado en Proyectos y Aula Invertida.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Católica de Temuco por el Proyecto de Innovación Docente “Evaluación de Impacto de la Transformación de Cursos de matemática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Temuco. Análisis de Ganancias de Aprendizaje”

## REFERENCIAS

- Bamber, V., & Anderson, S. (2012). Evaluating learning and teaching: Institutional needs and individual practices. *International Journal for Academic Development*, 17(1), 5– 18. <https://doi.org/10.1080/1360144X.2011.586459>
- Chalmers, D. (2010). National teaching quality indicators project - final report. Australian Learning & Teaching Council. Retrieved from <http://www.catal.uwa.edu.au/projects/tqi>
- Chalmers, D., & Gardiner, D. (2015b). The measurement and impact of university teacher development programs. *Educar*, 51(a), 53–80. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.655>
- Chalmers, D., Stoney, S., Goody, A., Goerke, V., & Gardiner, D. (2012). Identification and 23 implementation of indicators and measures of effectiveness of teaching preparation programs for academics in higher education. Retrieved from <http://www.olt.gov.au/>
- Fennema, E., & Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman Mathematics Attitudes Scales: Instruments Designed to Measure Attitudes toward the Learning of Mathematics by Females and Males. *Source: Journal for Research in Mathematics Education*, 7(5), 324–326. <https://doi.org/10.2307/748467>
- González C., Yáñez C. (2014): Prueba institucional de Diagnóstico Matemática. Universidad Católica de Temuco (no publicado)
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: A si x-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, *Am. J. Phys.*, 66, 64–74
- Harvey, L., & Mason, S. (1995). The Role of Professional Bodies in Higher Education Quality Monitoring. Birmingham: QHE.
- Hodges, C. B., & Kim, C. (2013). Improving college students' attitudes toward mathematics. *TechTrends*, 57(4), 59-66. doi:10.1007/s11528-013-0679-4

Hoessler, C., Godden, L., & Hoessler, B. (2015). Widening our evaluative lenses of formal, facilitated, and spontaneous academic development. International Journal for Academic Development, 20(3), 224–237. <https://doi.org/10.1080/1360144X.2015.1048515>

Julian , P. (2017). The Effects of a Project-based Course on Students ' Attitudes Toward Mathematics And Students ' Achievement at a Two-year College. *The Mathematics Enthusiast*, 14(1), 508-516.

Kay R., & Kletskin I. (2012). Evaluating the use of problem-based video podcasts to teach mathematics in higher education. *Computers y Educación*. 59 (1). 619–627.

Kirkpatrick, D. L. (1998). Evaluating training programs: The four levels. Development (Vol. 11). <https://doi.org/10.1002/hrdq.3920060310>

Kreber, C. & Brook, P. (2001). Impact evaluation of educational development programmes. International Journal for Academic Development, 6(2), 96–108. <https://doi.org/10.1080/13601440110090749>

Land, R. (2004). Educational development: discourse, identity and practice. McGraw-Hill Education.

Lewis, R. (2004). Ten years of international Quality Assurance. In ten years on: changing higher education in a changing world. The Open University.

Moya B., Turra. H., Chalmers D. (2018). Developing and implementing a robust and flexible framework for the evaluation and impact of educational development in higher education in Chile. International Journal For Academic Development. (In Press).